

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-202194

(43)Date of publication of application : 30.07.1999

(51)Int.Cl.

G02B 13/00
G02B 13/18
G11B 7/00
G11B 7/135

(21)Application number : 10-006409

(71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 16.01.1998

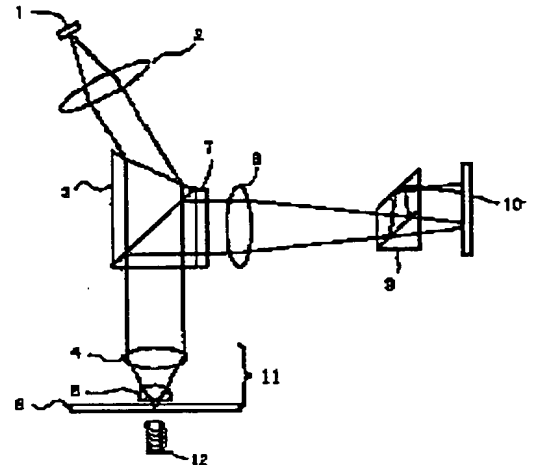
(72)Inventor : NISHIKAWA KOICHIRO

(54) HIGH-NUMERICAL-APERTURE OPTICAL SYSTEM AND OPTICAL INFORMATION RECORDING AND REPRODUCING DEVICE USING SAME

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a high-NA(numerical aperture) optical system with good image forming performance and the optical information recording and reproducing device using this optical system by suppressing small a spherical aberration generated owing to variation in the thickness of the transparent protection substrate part of a recording medium.

SOLUTION: This high-numerical-aperture optical system converges the luminous flux from a light source on the information surface of the recording medium through the transparent protection substrate part 16 of the recording medium 6. The optical system has optical elements, such as a nearly hemispherical convex lens and an objective, arranged along the optical path, at a fine air interval on the transparent protection substrate part 16 and the respective optical elements of the optical system are so positioned that the spherical aberration generated by the optical system is less than a specific value against specific thickness variation of the transparent protection substrate part 15.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

5/5

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-202194

(43) 公開日 平成11年(1999) 7月30日

(51) Int.Cl.⁸

識別記号

F I

G 0 2 B 13/00

G 0 2 B 13/00

13/18

13/18

G 1 1 B 7/00

G 1 1 B 7/00

Q

7/135

7/135

A

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号

特願平10-6409

(22) 出願日

平成10年(1998) 1月16日

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 西川 幸一郎

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ

ノン株式会社内

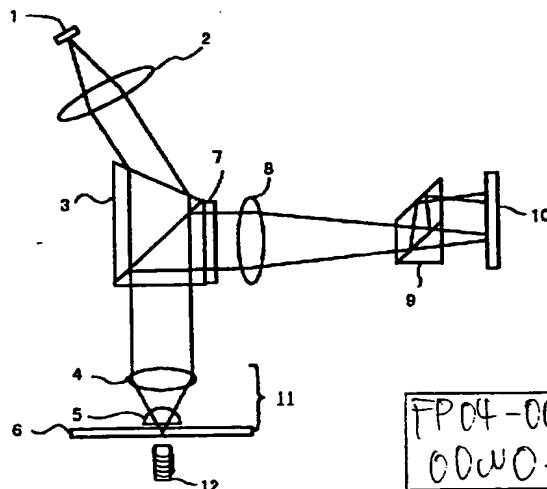
(74) 代理人 弁理士 山下 穰平

(54) 【発明の名称】 高開口数光学系及びそれを用いた光学的情報記録再生装置

(57) 【要約】

【課題】 記録媒体の透明保護基板部の厚み変化に伴って発生する球面収差を、小さく抑えることで、結像性能のよい高NAの光学系、および、この光学系を用いた光学的情報記録再生装置を提供する。

【解決手段】 光源からの光束を、記録媒体の透明保護基板部を通して該記録媒体の情報面に集光する高開口数光学系であって、前記光学系は、その光路上に、前記透明保護基板部に対して微小な空気間隔を介して、略半球形状の凸球面レンズ、対物レンズなどの光学要素を配置しており、前記透明保護基板部の所定の厚み変動に対して、前記光学系で発生する球面収差が所定値以内になるように、前記光学系の各光学要素が位置決めされていることを特徴とする。



FP04-0079-
0000-HP
04.7.13
SEARCH REPORT

【特許請求の範囲】

【請求項1】 光源からの光束を、記録媒体の透明保護基板部を通して該記録媒体の情報面に集光する高開口数光学系であって、

前記光学系は、その光路上に、前記透明保護基板部に対して微小な空気間隔を介して、略半球形状の凸球面レンズ、対物レンズなどの光学要素を配置しており、

前記透明保護基板部の所定の厚み変動に対して、前記光学系で発生する球面収差が所定値以内になるように、前記光学系の各光学要素が位置決めされていることを特徴とする光学系。

【請求項2】 前記透明保護基板部の前記所定の厚み変動が $\pm 50 \mu\text{m}$ であり、これに対する前記光学系の各光学要素で発生する球面収差の前記所定値が、 $\pm 0.2 \lambda$ $p-v$ （ただし、 λ は前記光学系で使用される光の波長）であることを特徴とする請求項1に記載の光学系。

【請求項3】 前記光学系のNA（開口数）が0.80以上0.96以下であることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の光学系。

【請求項4】 前記光学系における凸球面レンズの球面の曲率半径を a 、厚みを S_d 、前記記録媒体の透明保護基板部の厚みを t とした時、 $(S_d + t - a)/a$ の値がゼロより大きく、0.48以下であることを特徴とする請求項1ないし3の何れかに記載の光学系。

【請求項5】 前記光学系における微小な空気間隔が、0～32 μm の所定の値に設定されていることを特徴とする請求項1ないし4の何れかに記載の光学系。

【請求項6】 光源からの光束を、記録媒体の透明保護基板部を通して該記録媒体の情報面に集光し、情報の記録／再生を行う光学的情報記録再生装置において、請求項1ないし5の何れかに記載の光学系を用いたことを特徴とする光学的情報記録再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光源からの光束を光学的情報記録媒体に集光する光学系、及び、それを用いた光学的情報記録再生装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、光源からの光束を光学的情報記録媒体に集光し、情報の記録／再生を行う光学的情報記録再生装置において、より高密度な装置を実現するための研究が盛んに行われている。

【0003】例えば、高開口数（High Numerical Aperture:以下、高NAと称す）を達成した光学系に関する技術が、特開平8-315404号公報に記述されている。ここでは、凸球面レンズ、所謂、ソリッドイマージョンレンズ（Solid Immersion Lens: SILL）を、対物レンズと記録媒体との間に配置し、高NA光学系を形成している。

【0004】即ち、凸球面レンズの曲率半径と厚み、記

録媒体の透明保護基板部の厚み、さらに、凸球面レンズと透明保護基板部との間隔を、所望の値にして、対物レンズ形状を最適化することで、高NA光学系を実現している。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところが、一般に、光学的情報記録再生装置では、記録／再生方式などの異なる複数種の記録媒体を対象としていて、記録媒体自体は、同一の仕様で製造されているとしても、その透明保護基板部の厚さにバラツキがある。また、製造工程における誤差で、一つ種類の記録媒体の間でも、透明保護基板部の厚さに、許容し難い程のバラツキがある場合もある。

【0006】図8に、従来例のような場合における記録媒体の透明保護基板部の厚み変化と発生する球面収差の関係を示す。通常、記録媒体の透明保護基板部の厚みに対する規格は、中心値に対して $\pm 50 \mu\text{m}$ 程度である。従って、従来例の場合、透明保護基板部の厚み変化のみで、 $|W40| = 0.4 \sim 0.5 \lambda p-v$ （ここで、 $W40$ は3次の球面収差、 λ は使用波長を表す）程度の球面収差が発生してしまうことになる。即ち、上述の従来例の場合、記録媒体の透明保護基板部の厚み変化に伴い、大きな球面収差が発生し、結像性能が著しく損なわれるという問題があった。

【0007】本発明は、上記問題点を解決するためになされたもので、その目的とするところは、記録媒体の透明保護基板部の厚み変化に伴って発生する球面収差を、小さく抑えることで、結像性能のよい高NAの光学系、および、この光学系を用いた光学的情報記録再生装置を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】このため、本発明では、光源からの光束を、記録媒体の透明保護基板部を通して該記録媒体の情報面に集光する高開口数光学系であって、前記光学系は、その光路上に、前記透明保護基板部に対して微小な空気間隔を介して、略半球形状の凸球面レンズ、対物レンズなどの光学要素を配置しており、前記透明保護基板部の所定の厚み変動に対して、前記光学系で発生する球面収差が所定値以内になるように、前記光学系の各光学要素が位置決めされていることを特徴とする。

【0009】この場合、前記透明保護基板部の前記所定の厚み変動が $\pm 50 \mu\text{m}$ であり、これに対する前記光学系の各光学要素で発生する球面収差の前記所定値が、 $\pm 0.2 \lambda p-v$ （ただし、 λ は前記光学系で使用される光の波長）であること、前記光学系のNA（開口数）が0.80以上0.96以下であること、前記光学系における凸球面レンズの球面の曲率半径を a 、厚みを S_d 、前記記録媒体の透明保護基板部の厚みを t とした時、

$(S_d + t - a)/a$ の値がゼロより大きく、0.48

以下であること、更には、前記光学系における微小な空気間隔が、 $0 \sim 32 \mu\text{m}$ の所定の値に設定されていることが、本発明の実施の形態として、より有効である。

【0010】また、本発明では、光源からの光束を、記録媒体の透明保護基板部を通して該記録媒体の情報面に集光し、情報の記録／再生を行う光学的情報記録再生装置において、前述の高NA光学系を用いたことを特徴とする。

【0011】従って、このような発明の構成によって、記録媒体の透明保護基板部の厚み変化に伴い発生する球面収差を小さく抑えることによって、結像性能のよい高NA光学系、及び、その光学系を用いた装置を提供することが可能となる。

【0012】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を、図1に示す光ディスク装置用光ヘッドに適用した事例を参照して、具体的に説明する。ここでは、半導体レーザー1からのビームをコリメーター2で平行ビームとし、ビーム整形付きビームスプリッター3を通して、光学系11で記録媒体6内の情報記録面上にスポットを形成する。

【0013】ここでの記録は、例えば、上記スポットを高強度にし、磁気ヘッド12を変調することによりなされる。記録媒体6からの反射光は、ビーム整形付きビームスプリッター3で分離され、 $1/2$ 波長板7で、偏光面を略45度回転させられ、集光レンズ8にて、偏光ビームスプリッター9を介して、センサー10に集光する。そして、センサー10からの出力は、演算により、サーボ信号、情報データ信号となる。

【0014】光学系11は、図2に示すように、その光路に、対物レンズ4、ソリッドイマージョンレンズ5、記録媒体6の順序で配置された構成で、ソリッドイマージョンレンズ5と記録媒体6の透明保護基板部16との間には、微小な空気間隔（以下、エアギャップと称す）が形成されている。なお、ソリッドイマージョンレンズ5と記録媒体6の透明保護基板部16とは、等しい屈折率に設定されている。図2は、この実施の形態を示している。

【0015】図2から理解されるように、ソリッドイマージョンレンズ5への光の入射が、略垂直、或いは、一点斜線で示されている光軸との相対的角度が大きくなるように屈折するので、記録媒体6の透明保護基板部16の屈折率を n とした時、光学系11の開口数（NA）は、対物レンズ4単体での開口数の n 倍強となり、高NAが達成される。

【0016】ところで、回折限界の性能が得られる波面収差は、RMS値で $0.072 \lambda \text{rms}$ 以内である。そして、主な収差は、球面収差、コマ収差、非点収差であり、 $0.072 \lambda \text{rms}$ を各収差に振り分けると、球面収差は、 $0.6 \lambda p-v$ 以内となる。

【0017】また、上述したような光学系の場合、球面収差の発生要因は、対物レンズ4の固有エアギャップ（AIR GAP）の変動によるもの、記録媒体の透明保護基板部の厚み変化によるものが考えられる。従って、各要因に振り分けると、記録媒体の透明保護基板部の厚み変化によるものは、 $0.2 \lambda p-v$ 以下となる。

【0018】ここで、透明保護基板部16の厚み変動に対して発生する球面収差を低く抑えるために検討した結果を、図3、図4、図5に示す。光学系11の開口数をNA、ソリッドイマージョンレンズ5の曲率半径を a （完全半球ならば、その厚みは a となる）、厚みの増分を t （ソリッドイマージョンレンズが完全半球ならば、 t は透明保護基板部の厚みとなる）、 $t/a = r$ とする。ここでは、エアギャップを a 、また、透明保護基板部16の厚み変動を Δt 、透明保護基板部16の屈折率を n として表す。

【0019】図3の（a）には、 $r = 0.333$ 、 $n = 1.58$ で、光学系11の開口数をNAの値とした場合、透明保護基板部16の厚み変動 Δt が $\Delta t = \pm 50 \mu\text{m}$ の時に発生する球面収差が、最小の時（実線）のエアギャップ値、発生する球面収差が $\pm 0.2 \lambda p-v$ 以内で許容されるエアギャップの最大値（点線）、及び、許容されるエアギャップの最小値（一点斜線）の相対関係を示している。

【0020】図3の（b）には、図3の（a）に基づいて、光学系11の開口数、NAの値と公差（発生する球面収差が最小の時のエアギャップ値と、許容されるエアギャップの最大値あるいは最小値との差異の内、小さい方の値）との関係を示している。なお、この値は絶対値で示してある。また、ここでは、対物レンズ4の形状が、所定のNA、 r 、 n 、及び、任意のエアギャップで異なり、個々の条件下で、形状を最適化している。更に、図4、図5も同様の条件下で得られた。

【0021】図3の（a）、（b）により、NAが0.96で、ほぼ公差が無くなることが解る。ここでは、公差が無くなるNAが、 r 、 n が大きくなると、若干、小さい方へシフトし、 r 、 n が小さくなると、若干、大きい方へシフトする。しかし、概ね、0.96で代表できる。

【0022】ところで、本発明においては、高NAの効果、従来のソリッドイマージョンレンズを使用しない装置での記録容量に対して、少なくとも2倍以上の記録容量を実現できることにあると考える。因みに、従来のソリッドイマージョンレンズを使用しない装置では、対物レンズの開口数は0.50～0.60程度である。従って、2倍以上の記録容量を達成するためには、スポットサイズが $1/1.4$ 以下に縮小されなければ、つまり、NAを1.4倍以上にしなければならない。

【0023】即ち、ソリッドイマージョンレンズ5を使用した光学系11では、そのNAを0.50～0.60

10

20

30

40

50

の約1.4倍、換言すれば、およそ0.80以上としなければならない。これを式で表現すれば、

$$0.80 \leq NA \leq 0.96 \quad \dots\dots (1)$$

が望ましい。

【0024】図4の(a)は、 $NA=0.87$ 、 $n=1.58$ で、 $r (=t/a)$ の値と、透明保護基板部16の厚み変動 Δt が $\Delta t = \pm 50 \mu m$ の時に発生する球面収差が、最小の時(実線)のエアーギャップ値、発生する球面収差が $\pm 0.2 \lambda p-v$ 以内で許容されるエアーギャップの最大値(点線)、及び、許容されるエアーギャップの最小値(一点斜線)との関係を示している。

【0025】図4の(b)は、図4の(a)に基づいて、 $r (=t/a)$ の値と公差との関係を示している。この値は絶対値で示してある。図4の(a)、(b)より、 r が0.48で、ほぼ公差が無くなることが、また、 r の値が小さくなれば、単調に公差が増えることが解る。これを式で表現すれば

$$0 < r \leq 0.48 \quad \dots\dots (2)$$

が望ましい。

【0026】図5は、 $NA=0.87$ 、 $r=0.333$ で、透明保護基板部16の屈折率 n と、透明保護基板部16の厚み変動 Δt が $\Delta t = \pm 50 \mu m$ の時に発生する球面収差が、最小の時(実線)のエアーギャップ値、発生する球面収差が $\pm 0.2 \lambda p-v$ 以内で許容されるエアーギャップの最大値(点線)、及び、許容されるエアーギャップの最小値(一点斜線)との関係を示している。

【0027】通常、記録媒体の透明保護基板部の材質は、ポリカーボネイトが採用されていて、屈折率は約1.58である。また、その材質がガラスである場合は、通常、1.5程度である。従って、1.58を中心値として、下限が1.50程度、上限が1.66程度の値を採用した。

【0028】図5から、 $n=1.50 \sim 1.58 \sim 1.66$ で、許容されるエアーギャップの値にして、 $\pm 15\%$ 程度の変化があることが解る。また、図3、図4、図5より、 NA が小さい時に r の値は0.2~0.3の *

*間、あるいは、屈折率 n が小さい時ほど、許容されるエアーギャップが大きいたことが解る。即ち、(1)式において、 $NA=0.80$ 、 $r=0.2 \sim 0.3$ 、 $n=1.50$ で、最大値近傍となる。

【0029】実際、 $NA=0.80$ 、 $r \approx 0.26$ 、 $n=1.50$ の時、記録媒体の透明保護基板部16の厚み変動 Δt が $\Delta t = \pm 50 \mu m$ の時に発生する球面収差が最小の時、エアーギャップは $18 \mu m$ である。そこに公差を加味すると、 $NA=0.80$ 、 $r=0.22$ 、 $n=1.50$ で、最大のエアーギャップの値は、 $32 \mu m$ である。従って、許容されるエアーギャップは、下はゼロより大きく、 $32 \mu m$ 程度までである。これを式で表現すれば

$$0 < a \leq 32 \mu m \quad \dots\dots (3)$$

図6は、上記検討より得られた数値を基にして、近似関数的に得られたグラフを示す。ここで、 X 軸は $r (=t/a)$ の値を、 Y 軸は光学系11の開口数 NA 、 Z 軸はエアーギャップ値 a を表している。なお、図中、 α は $n=1.58$ の時の曲面を、 β は $n=1.50$ の時の曲面を示している。各曲面は、エアーギャップ値が大きくなる方向に公差を載せてある。従って、図6からも、許容されるエアーギャップが、下はゼロより大きく、 $32 \mu m$ 程度であることが確認される。

【0030】

【実施例】次に、実施例の具体的数値について述べる。表1には、式(1)~式(3)を満たした条件が示されており、ここでは、光学系11の開口数 NA が0.87、ソリッドイマージョンレンズ5が完全半球で、曲率半径 $a=1.2 mm$ 、透明保護基板部厚 $0.4 mm$ であり、これに対してエアーギャップは $12 \mu m$ である。なお、基板はポリカーボネイトであり、 $n=1.58$ である。また、対物レンズ4は、非球面レンズで、非球面係数は表2に示すもので、その形状は、光線高さを h として、下式で表される。

【0031】

【数1】

$$X = \frac{h^2/r}{1 + \sqrt{1 - (1+k)(h/r)^2}} + Ah^4 + Bh^6 + Ch^8 + Dh^{10} + Eh^{12}$$

【0032】

【表1】

波 長	650nm				
入射口径	$\phi 3.48\text{mm}$				
光学系NA	0.87				
		r	d	glass	n
対物レンズ	r1	2.33844	2.05		1.580380
	r2	-92.09446	0.65602		1
リットルイメージンズ	r3	1.2	1.2	ホリカホネイト	1.579669
	r4	Infinity	0.012		1
透明保護基板部	r5	Infinity	0.4	ホリカホネイト	1.579669
像 面	r6	Infinity			

【0033】

* * 【表2】

	r 1		r 2
k	-1.27022×10^{-1}	k	-1.39358×10^{-1}
A	-3.38636×10^{-3}	A	3.44684×10^{-3}
B	-4.86998×10^{-4}	B	-6.44286×10^{-5}
C	-6.27452×10^{-5}	C	-2.76933×10^{-4}
D	-1.62872×10^{-5}	D	4.96586×10^{-5}
E	-2.45250×10^{-6}	E	8.48012×10^{-6}

図7に、表3に示される組み合わせでの、記録媒体の透明保護基板部の厚み変化 Δt と発生する球面収差 ΔW_4 の関係を示す。上記数値例は、表3のA（図7中の

A）に相当する。

【0034】

40 【表3】

	NA	a	t	r	air gap
A	0.87	1.2	0.4	0.333	12
B	0.92	1.2	0.4	0.333	10
C	0.87	1.44	0.4	0.278	16
D	0.87	1.2	0.5	0.417	8

表3の各組み合わせは、式(1)～式(3)を満たしており、また、基板はポリカーボネイトで、 $n \approx 1.58$ である。図7から解るように、表3の各組み合わせにおいては、記録媒体の透明保護基板部の厚み変動 Δt が $\pm 50 \mu\text{m}$ 以内であるのに対して、発生する球面収差 ΔW_0 は $\pm 0.2 \lambda p-v$ である。従って、各組み合わせとも、十分に球面収差の発生が抑えられている。

【0035】以上のようにして、記録媒体の透明保護基板部の厚み変化に伴い発生する球面収差を小さく抑えた高NA光学系が構成された。

【0036】

【発明の効果】以上述べたように、本発明においては、光源からの光束を、記録媒体の透明保護基板部を通して該記録媒体の情報面に集光する光学系を、対物レンズ、略半球形状の凸球面レンズ、微小な空気間隔を挟んで位置する前記透明保護基板部から構成し、前記透明保護基板部の所定の厚み変動に対して、前記光学系で発生する球面収差が所定値以内になるように、光学系を配置したので、記録媒体の透明保護基板部の厚み変化に伴い発生する球面収差を小さく抑えた高NA光学系を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の光学系を適用した光ディスク装置用光ヘッドを示す図である。

【図2】本発明の光学系の実施例を示す図である。

【図3】本発明に関する光学系の開口数と、透明保護基板部の厚み変動が $\Delta t = \pm 50 \mu\text{m}$ の時に発生する球面*

*収差が $\pm 0.2 \lambda p-v$ 以内であるエアーギャップの値との関係を表すグラフである。

【図4】本発明に関する $r(t = t/a)$ の値と、透明保護基板部の厚み変動が $\Delta t = \pm 50 \mu\text{m}$ の時に発生する球面収差が $\pm 0.2 \lambda p-v$ 以内であるエアーギャップの値との関係を表すグラフである。

【図5】本発明に関する透明保護基板部の屈折率と、透明保護基板部の厚み変動が $\Delta t = \pm 50 \mu\text{m}$ の時に発生する球面収差が $\pm 0.2 \lambda p-v$ 以内であるエアーギャップの値との関係を表すグラフである。

【図6】本発明に関する、光学系の開口数、 $r(=t/a)$ の値、及び、透明保護基板部の屈折率と、透明保護基板部の厚み変動 $\Delta t = \pm 50 \mu\text{m}$ の時に発生する球面収差が $\pm 0.2 \lambda p-v$ 以内であるエアーギャップの値との関係を近似的に表すグラフである。

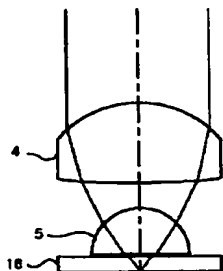
【図7】本発明の実施例における透明保護基板部の厚み変動と発生する球面収差の関係を示すグラフである。

【図8】従来例における透明保護基板部の厚み変動と、発生する球面収差との関係を示すグラフである。

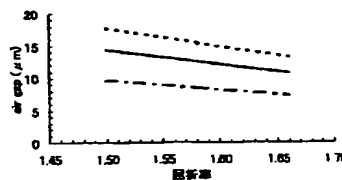
【符号の説明】

- 1 半導体レーザー
- 4 対物レンズ
- 5 ソリッドイマージョンレンズ
- 6 記録媒体
- 11 光学系
- 16 透明保護基板部

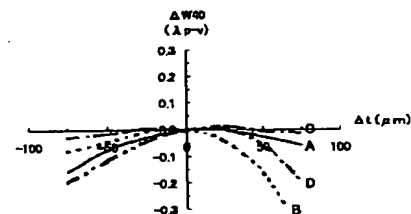
【図2】



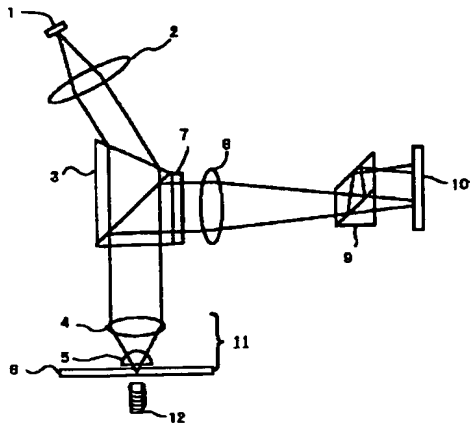
【図5】



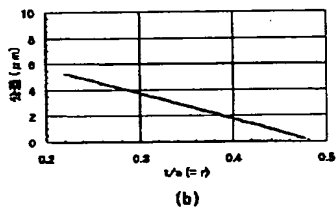
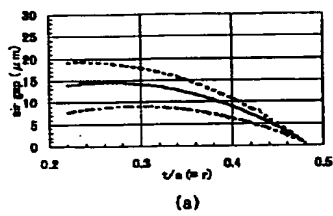
【図7】



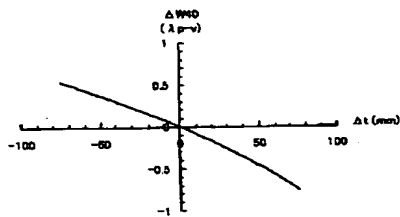
【図1】



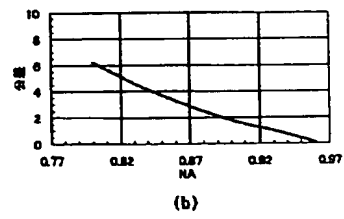
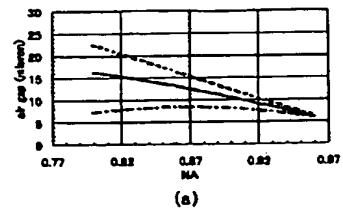
【図4】



【図8】



【図3】



【図6】

